

FR, 15.5.86

## Höchster Becquerelwert bei Rebstockbadwiese

Durch die zweiten Messungen der Stadt vom vergangenen Mittwoch sieht sich Umweltdezernent Daum in der Entscheidung bestätigt, städtische Liegewiesen für die Bevölkerung zu sperren. Acht Proben von Liegewiesen-Gras ergaben laut Daum im Durchschnitt 2900 Becquerel Jod 131 pro Kilogramm. Der höchste Wert wurde beim Rebstockbad mit 4246 Becquerel Jod ermittelt. Caesium-Untersuchungen ergaben im Durchschnitt 759, als Höchstwert 1251 Becquerel am Rebstockbad. (Alle folgenden Zahlen gelten für jeweils ein Kilogramm.)

Von den insgesamt 31 städtischen Proben wurden acht im Boden von Kleingartenanlagen gezogen. Im Durchschnitt wurden dabei 400 Becquerel an Jod 131, als höchstes 576 Becquerel am KGV Waldfried in Niederrad festgestellt. Bei Caesium ergaben sich im Boden Durchschnittsanteile von 75 Becquerel, ein Spitzenwert von 133 Becquerel am KGV Römerhof.

Spielesandproben in vier Anlagen hatten folgendes Ergebnis: 125 Becquerel im Durchschnitt an Jod 131, als höchstes im Spielplatz Riederwald 243 Becquerel. Beim Caesium-Anteil lag Riederwald mit 68 Becquerel wieder an der Spitze, der Durchschnitt war hier bei 31.

Blattpflanzen, die in acht Kleingartenanlagen untersucht wurden, wiesen im Durchschnitt 1300 Becquerel an Jod 131, als Spitzenwert 2017 in der KGV Selbsthilfe Höchst auf. Auch beim Caesium rangiert die Selbsthilfe Höchst mit 782 Becquerel an der Spitze, der Mittelwert wird mit 358 angegeben.

Auf drei Tennisplätzen wurde im Schnitt 812 Becquerel an Jod, 230 an Caesium herausgefunden. Höchstwerte weist bei Jod mit 920 Becquerel der TV Bergen-Enkheim, beim Caesium die TSG Nordweststadt auf.

Heinz Daum wiederholte angesichts der Ergebnisse seine Einschätzung, daß die Werte im Boden, im Spielesand und auf den Tennisplätzen als „unbedenklich“ eingestuft werden können. Wann die nächsten Proben entnommen werden, wußte Daum am Montag noch nicht. ulf

FR, 17.5.86

## Fischer rät vom Freilandsalat ab

WIESBADEN. Die Grünen haben die „Teilentwarnung“ von Sozialminister Armin Clauss (SPD) hinsichtlich der radioaktiven Belastung von Lebensmitteln am Freitag erneut kritisiert und beim Salat eigene, abweichende Ratschläge gegeben. Umweltminister Joschka Fischer (Grüne) rät anders als der Sozialminister wegen der Belastung durch Cäsium 137 auch weiterhin grundsätzlich vom Verzehr von Freilandsalat ab.

Die Landtagsfraktion der Grünen verlangte von Clauss die sofortige Einführung von Grenzwerten für den Anteil der radioaktiven Isotope Cäsium und Strontium in allen Nahrungsmitteln. Der Abgeordnete Chris Boppel forderte, der Minister solle die Verbraucher darüber aufklären, wie er die von diesen Stoffen ausgehende Strahlung messen und sicherstellen wolle, daß keine verseuchten Lebensmittel auf den Markt kommen.

Zwar ginge die Belastung mit Jod 131 zurück, Boden und Pflanzen enthielten aber nach wie vor zu viel Cäsium und Strontium. Milch von Kühen, die nun wieder grasen könnten, werde voraussichtlich verstrahlt sein. Die nachlassende Konzentration von Jod 131 dürfe nicht über die anhaltende Gefährdung von Menschen und Umwelt mit langlebigen radioaktiven Stoffen hinwegtäuschen.

me/lhe

## „Lebensmittel dauernd auf Strahlung prüfen“

BAD CAMBERG / SELTERS. Zwölf Ärzte aus Bad Camberg und Selters (Taunus) fordern in einer gemeinsamen Erklärung, „daß die Radioaktivität sämtlicher Lebensmittel auf Dauer kontrolliert wird“. Grenzwerte müßten festgelegt werden, um eine hohe Aufnahme radioaktiver Substanzen zu vermeiden. Nahrungsmittel mit hoher Strahlungsintensität dürften nicht auf den Tisch kommen. Die Mediziner weisen darauf hin, daß die Verantwortung bei den Gesundheitsministerien, den Gesundheitsämtern und bei der Lebensmittelüberwachung liege. Sie schreiben weiter: „Es ist sicher, daß wir für die Dauer von Monaten und Jahren einer erhöhten Radioaktivität ausgesetzt sind.“ Eine Möglichkeit, dieser Strahlung zu entkommen, gebe es nicht, aber viele Möglichkeiten, sie zu vermindern.

Vermutlich werde man verschiedene Nahrungsmittel, wie etwa Innereien, für längere Zeit nicht essen können, bei anderen (beispielsweise Eier, Milch, Gemüse, Brot und Fleischwaren) werde es — je nach Herkunft — begrenzte Einschränkungen geben müssen.

FR, 16.5.86

## Ratschläge der Ärzte für Eltern und Kinder

Stillende Mütter sollen weiter stillen, während sie auf frische Milch (auch aus dem Lebensmittelhandel) und H-Milch wie Freilandgemüse verzichten. Ersatz sollte pulverisierte Milch — auch aus den riesigen weltweiten Lagerbeständen — sein. Beim Gemüse solle auf Konserven, eventuell auf „andere Anbaugelände“, ausgewichen werden. Keine Frischmilch, dafür Milchpulver, empfehlen die 11 Kinderärzte auch für die Ernährung von Säuglingen und Kleinkindern.

Bei größeren Kindern müsse nicht unbedingt Milchpulver genommen werden. Ihnen empfehlen die Ärzte, so lange das Gras nicht gemäht ist, nicht auf dem Rasen zu spielen, so lange die Sandkästen nicht geleert wurden, auch weiterhin den Sand zu meiden.

Ferner wurde gefordert, „alles, was Kinder im Freien auf Spielplätzen oder Schulhöfen anfassen könnten, von der Feuerwehr abspritzen zu lassen“. Zumal: „Weitere Erdumrundungen der radioaktiven Wolke werden folgen.“ Die Ärzte empfahlen allgemein, „eher Reis zu essen als Kartoffeln, Geflügel aus Lege-Batterien“. Dem Gesundheitsamt legten sie ans Herz, künftig nach laufenden Messungen täglich „einen strahlenfreien Speise-Plan“ zu veröffentlichen.

Paaren, die sich Kinder wünschen, wurde empfohlen, noch einige Wochen ins Land gehen zu lassen — am sichersten 80 Tage. clau

sen.

★  
REGENSBURG/STUTTGART (Reuter/dpa). Erstmals in der Bundesrepublik ist jetzt auch der Verkauf von Treibhausgemüse verboten worden. Wie die Stadtverwaltung von Regensburg am Dienstag mitteilte, wurden bei Überprüfung des Treibhausgemüses Werte von mehreren tausend Becquerel je Kilogramm festgestellt.

FR, 14.5.86

FR, 15.5.86

## Aufgespießt

„Wenn man konsequent ist und die Gefährdung abschaffen will, ... muß man dann auch sagen: Weg mit dem Automobil! Das ist die eigentliche Diskussion.“

„Es ist ein letztes Risiko bei der modernen Technik überhaupt nicht zu vermeiden. Wer eine absolute Sicherheit verlangt, der darf nicht einmal mehr zu Fuß gehen.“

Ministerpräsident Franz Josef Strauß in der Debatte des bayerischen Landtags zum Reaktorunfall von Tschernobyl und seinen Folgen.



# Beim Ausstieg aus der Atomenergie gehen die

## Lichter nicht aus

Der Griff in die Argumente-Mottenkiste lag nahe. Schon einmal, in den 70er Jahren, hatten Politiker und Wirtschaftskreise mit der Drohung, ohne Atomstrom würden „die Lichter ausgehen“, die erlahmende Begeisterung für die neuen großen Atommeiler und ihr „Restrisiko“ wieder entfachen wollen. Und nun, in einer Situation, in der das Unglück in Tschernobyl, das es eigentlich gar nicht hätte geben dürfen, der Forderung nach dem Ausstieg aus der Atomenergie erstmals politisches Gewicht verlieh und die Atomkraftbefürworter in Bonn und den Ländern in Rechtfertigungszwang gerieten, hörte man sie wieder, die vertrauten, aber immer weniger glaubwürdigen „Beweise“ der Unverzichtbarkeit jener Großtechnologie. Die „Versorgungslücke“ tat sich drohend auf, dem Bürger wurden Stromsperrn wie in Kriegszeiten prophezeit. Kanzler Kohl sorgte sich um die Arbeitsplätze, die — wegen höherer Stromkosten — schwindende Konkurrenzfähigkeit der bundesdeutschen Industrie. Und besonders den Grünen, den lautesten Ausstiegspropheten, hielten Regierung und Regierungsparteien entgegen, sie seien wohl darauf aus, der Umwelt den Todesstoß zu geben: „umweltfreundliche“ Atommeiler abzuschalten und dafür „Dreckschleudern“ verstärkt ans Netz zu nehmen.

Darüber, daß es prinzipiell möglich ist, ein einer Industriegesellschaft angemessenes Energiesystem ohne den Einsatz von Atomkraft aufzubauen, gab es bisher nur wenig Streit. Andere Länder, Öster-

reich und Australien beispielsweise, haben diesen Weg gewählt. Auch daß die Bundesrepublik nach einer längeren Übergangsfrist zu einer „sanften“ Energie- und Stromversorgung übergehen könnte, haben offizielle Untersuchungen nachgewiesen. So zeigte die unter der sozial-liberalen Bundesregierung eingesetzte Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ auf, wie die Bundesrepublik ohne Wohlstandsverzicht und bei insgesamt sinkendem Primärenergieeinsatz aus der Atomkraft aussteigen könnte („Energie-Pfad vier“). Stichworte dafür waren: Energie-Einsparung, Wärmedämmung, Förderung umweltfreundlicher und sparsamer Kohle- und Gasnutzung (Wärme-Kraft-Koppelung) und alternative Energiegewinnung (Sonnen- und Windkraft, Biogas).

Aktuell aber wird die Frage gestellt, ob der „sofortige“ Atomausstieg möglich ist. Weder die Mehrzahl der Grünen noch linke SPD-Experten wie der Ex-Atommanager Klaus Traube verstehen darunter die Schnellabschaltung der Atommeiler, die mit stark erhöhten radioaktiven Emissionen einhergeht, noch das Herunterfahren der Kraftwerke in beispielsweise einer Woche, da es in solch kurzer Zeit wohl kaum möglich wäre, eine Einsatzplanung für die nicht-atomaren Kraftwerke zu erstellen, die die Versorgungssicherheit garantierte. Traube hält eine Übergangs-

frist von einem Jahr für „machbar“, die Grünen sprechen in ihrem Wirtschafts-Umbauprogramm, das freilich vor „Tschernobyl“ erarbeitet wurde, von einer Übergangszeit von zwei Jahren.

Daß bei einem solchen schnellen „Ausstieg“ die Lichter auch nur zeitweise ausgehen müssen, steht nach den offiziellen Zahlen über den maximalen Strombedarf und die dem gegenüberstehende Kraftwerkskapazität nicht zu erwarten. Die „Winterspitzenlast“, bedingt durch den gegenüber dem Sommer höheren Verbrauch an Beleuchtungsstrom und die besonders verschwenderischen Stromheizungen (Wirkungsgrad etwa nur ein Drittel von Gas- oder Ölheizungen), beträgt etwa 55 000 Megawatt. Das gesamte Stromangebot in der Bundesrepublik beträgt jedoch inklusive 5000 Megawatt Importstrom und 5000 Megawatt Überschussstrom aus der Industrie 90 000 Megawatt, die Überkapazität beläuft sich also auf 35 000 Megawatt oder 40 Prozent. Der Atomstromanteil beträgt derzeit bei 19 Kraftwerken etwa 17 000 Megawatt. Auch ohne die Atomenergie bestände also eine Energiereserve von 18 000 Megawatt, also von rund 20 Prozent.

Eine Reservehaltung von 20 oder mehr Prozent wird von den Energieversorgungsunternehmen als notwendig bezeichnet, da bei einer Schnellabschaltung eines großen Atommeilers — etwa von

der Biblis-Größe mit 1300 Megawatt — wegen eines Störfalls sofort große Mengen „Ersatzstrom“ vorhanden sein müßten. Die Atomkraft-Kritiker halten dem entgegen, daß andere Industrieländer mit bedeutend weniger Reserve auskommen, beispielsweise Japan mit nur acht Prozent. Zur Begründung verweisen sie auf das in den vergangenen Jahrzehnten aufgebaute Überlandnetz, das Stromausfälle leicht ausgleichen lasse. Eine Reservekapazität von 40 Prozent bereitzuhalten, wird etwa vom Freiburger Öko-Institut in seinem Forschungsprojekt „Energiewende“ als gigantische Verschwendung angeprangert. Anlagen- und Unterhaltungskosten müßten von den Stromkunden schließlich auch aufgebracht werden, wenn die Kraftwerke nicht benutzt werden.

Verfechter des schnellen Atomausstiegs geben zu, daß das bloße Ersetzen des Atomstroms durch Strom aus Steinkohle-, Öl- und Gaskraftwerken eine höhere Belastung der Umwelt mit „konventionellen“ Schadstoffen wie Schwefel und Stickoxyd mit sich brachte. Ausgearbeitete Konzepte für den „Ausstieg“, wie es etwa von den Bundestags-Grünen mit ihrem im Parlament durchgefallenen „Atomsperrgesetz“ vorgelegt wurde, sehen deswegen eine Reihe von Begleitmaßnahmen vor, die die Schadstoffemissionen gegenüber dem derzeitigen Stand

sofort um rund 20 Prozent und bis 1990 um 90 Prozent senken würden. Dazu gehört der verstärkte Einsatz von (fast schwefelfreiem) Erdgas und schwefel- und stickstoffarmer Kohle sowie der Ausbau der Entschwefelungsanlagen für Kohle und Schweröl, die den Schadstoff zu einem großen Prozentsatz schon vor dem Verbrennen herausholen. Der Einbau von Rauchgasentgiftungsanlagen nach dem „Stand der Technik“ in alle Kohlekraftwerke ist nach Einschätzung der Grünen und sie beratender Wissenschaftler innerhalb von vier Jahren zu schaffen. Demgegenüber ist bei Fortschreibung der derzeitigen Energiepolitik und nach den Vorschriften der Großfeuerungsanlagen-Verordnung bis 1990 mit einer deutlich geringeren Reduzierung der Emissionen zu rechnen.

Die Verteuerung der Stromproduktion wird in den Ausstiegsszenarien mit 2,5 bis drei Pfennig pro Kilowattstunde angegeben. Daraus erwachse weder eine unerträgliche Belastung der Haushalte (es gehe um Mark- und Zehnmarkbeträge) noch der Industrie, wird argumentiert. In den meisten Industriesektoren verteuere sich die Produktion nur um 0,5 Prozent, bei der Grundstoffindustrie um knapp ein Prozent, wobei für besonders stromintensive Betriebe die derzeitigen Sonderpreise für eine Übergangszeit beibehalten werden könnten. Daß sich der

Strompreis nur wenig auf die internationale Konkurrenzfähigkeit auswirkt, ist eine Tatsache, die in zahlreichen Berechnungen, etwa des Fraunhofer Instituts für Systemtechnik oder des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI), nachgewiesen wurde.

Der Bund für Umwelt- und Naturschutz (BUND) merkt an, daß die Atomenergie von 1956 bis 1980 mit rund 27 Milliarden aus den öffentlichen Haushalten subventioniert wurde. Dies entspricht neun Pfennig pro Kilowattstunde Atomstrom. Dabei von der „billigen Atomenergie“ zu sprechen, verbiete sich von selbst, argumentiert der BUND, zumal die endgültigen Kosten der Endlagerung des Atomabfalls noch gar nicht abzuschätzen seien.

Die Atomkritiker machen darauf aufmerksam, daß bei dem geplanten weiteren Ausbau der Atomenergie (als kapital-, aber nicht arbeitsintensive Technologie) ein weiteres Zehensterben mit dem Verlust von rund 20 000 Arbeitsplätzen im Steinkohlebergbau in den nächsten zehn Jahren vorprogrammiert sei. Der „Kohle-Jahrhundert-Vertrag“, der den Absatz der Steinkohle in der Stromproduktion sichern soll, sei nämlich bei den weiter wachsenden Überkapazitäten nicht einzuhalten. Arbeitsplatzverlusten in der Atombranche bei einem Ausstieg müßten daher die neugeschaffenen Arbeitsplätze beim Ausbau der „sanften“ Alternativen gegenübergestellt werden.

D/R/S

JOACHIM WILLE



# „Eine ungefährliche Strahlendosis gibt es nicht“

Till Bastian über die Folgen von Atomkatastrophen / In der Nahrungskette sammelt sich radioaktives Material

Das Reaktorunglück von Tschernobyl machte auf erschreckende Weise den Mangel an Wissen und Kenntnissen über die Folgen solcher Katastrophen deutlich und zeigte gleichzeitig die Hilflosigkeit der Behörden, die durch eine fragwürdige und sich widersprechende Informationspolitik mehr zur Verunsicherung der Bevölkerung beitrugen. Till Bastian, Mitglied des Vorstands der deutschen Sektion der Vereinigung „Internationale Ärzte zur Verhinderung des Atomkriegs“ (IPPNW), sah sich aufgrund der zahllosen Anrufe und Bitten um Auskünfte bei der Geschäftsstelle der IPPNW veranlaßt, in einem in Kürze in der Jungjohann Verlagsgesellschaft, Neckarsulm, erscheinenden Bändchen Informationen zusammenzutragen. Wir veröffentlichen vorab Auszüge aus dem Buch von Till Bastian, „Atomkatastrophen und ihre Folgen. Eine Informationshilfe für kritische Bürger“.

FR, 16.5.86

## Zur Geschichte der Nutzung von Kernenergie

Die radioaktive Strahlung wurde 1896 von dem französischen Physiker Henri Becquerel (1852 bis 1908, Nobelpreisträger des Jahres 1903) bei der Analyse des Elementes Uran entdeckt. Ihre bis heute gültige Deutung stammt von dem Engländer Ernest Rutherford (1871 bis 1937).

Ein Jahr zuvor hatte der deutsche Physiker Wilhelm Röntgen (1845 bis 1923) Strahlen mit einer dem Licht ähnlichen Wellenstruktur entdeckt, die feste Stoffe leicht durchdringen können. Er nannte sie X-Strahlen (und so heißen sie im Englischen immer noch). 1896 suchte Becquerel nach Elementen, die solche X-Strahlen aussenden. Schließlich gelang es ihm, mit Uranpecherz eine lichtdicht in Papier eingeschlagene Fotoplatte zu schwärzen — die Platte hatte offensichtlich auf Strahlen reagiert, die von dem Mineral ausgehen mußten.

Der französische Chemiker Pierre Curie (1859 bis 1906) und seine aus Polen stammende Frau Marie konnten nach zwei Jahren harter Arbeit nachweisen, daß die Strahlung aus einer Verunreinigung Uranerzes stammte — aus dem bis dahin unbekannten Element Radium, dem seine Strahlungsfähigkeit den Namen gab (radios, griech. = der Strahl).

Rutherford, der 1908 den Nobelpreis für Chemie erhielt, ging davon aus, daß bei einigen wenigen Elementen die Atomkerne instabil sind und zerfallen, wobei sie Strahlung aussenden. Atomkernzerfall setzt also Strahlung frei. Diese durch Kernzerfall freigesetzte Strahlung ist sehr energiereich. Ein Gramm Radium — eines jener instabilen, strahlenden Elemente — erzeugt beim radioaktiven Zerfall drei Millionen Kalorien. Die Größenordnung dieser Energieausbeute wird klar, wenn man sich verdeutlicht, daß ein Gramm Kohle, wenn es verbrennt, nur die Wärmeenergie von acht Kalorien liefert.

Von dieser Energiefreisetzung durch zerfallende, radioaktive Elemente merken wir unter natürlichen Bedingungen wenig. Dies liegt an der Dauer des natürlichen radioaktiven Zerfalls — er währt beim Radium Jahrtausende, gibt die gewaltigen Energiemengen also nur ganz allmählich frei (während ein Gramm Kohle in Sekundenschnelle verbrennt).

Es wundert nicht, daß der Gedanke an die in den radioaktiven Elementen ge-

als diese. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort. 10 cm Wasser werden von 60 Prozent der Gamma-Strahlung passiert, 10 cm Blei nur von 0,04 Prozent.

Alphastrahlen bestehen aus den Atomkernen des Edelgases Helium. Ihre Geschwindigkeit ist hoch ( $\frac{1}{2}$  der Lichtgeschwindigkeit), ihre Eindringtiefe gering — in organischem Gewebe haben sie bereits nach einer Strecke von wenigen Bruchteilen eines Millimeters ihre gesamte Energie verloren.

Betastrahlen sind fortgeschleuderte, negativ geladene Elektronen, die sich mit großer Geschwindigkeit fortbewegen und über eine etwas größere Durchdringungsfähigkeit als Alphastrahlen verfügen — in organischem Gewebe beträgt die Eindringtiefe etwa 1 cm.

Bei Kernreaktionen werden neben der radioaktiven Strahlung genannter Art auch ungeladene Neutronen von hoher Energie frei. Da sie elektrisch neutral sind, durchlaufen sie jede Materie fast ungehindert, bis sie von einem Atomkern „eingefangen“ werden, wobei instabile Kerne entstehen, die unter Aussendung von Gammastrahlen zu stabilen Kernen zerfallen.

Alpha-, Beta- und Gammastrahlen werden, da sie bei Kernreaktionen, wie z. B. bei der Explosion von Atombomben, freigesetzt werden, auch unter dem Begriff Kernstrahlung zusammengefaßt.

Zur Ionisation ist relativ wenig Energie erforderlich. Die Auswirkungen für einen Organismus, der ionisierender Strahlung ausgesetzt ist, bestehen immer in vielen Tausenden einzelnen Ionisationen. Aus diesem Grund können ionisierende Strahlen schon in recht geringen Dosen biologische Effekte auslösen: Eine für den Menschen mit Sicherheit tödliche Dosis Gammastrahlung würde, in eine äquivalente Menge Wärmeenergie umgerechnet, gerade dazu ausreichen, um einen Teelöffel Wasser um rund zehn Grad Celsius zu erhitzen.

Die schädliche Wirkung der Kernstrahlung auf lebendiges Gewebe ist Folge der durch diese Strahlung bewirkten Ionisationsvorgänge in den Zellen — der biochemische Aufbau der Zellen wird gestört, die Zelle wird in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt, gegebenenfalls bis hin zum Zelltod.

Eine Ganzkörperbestrahlung mit Röntgen- oder Gammastrahlen in einer Dosis von 400 Röntgen (eine Maßeinheit, die nur für diese Strahlenarten benutzt wird) würde in einer Gruppe von Menschen, die dieser Bestrahlung ausgesetzt ist, je-

lich oder künstlich, ist grundsätzlich schädlich für alle Lebewesen. Diese Schädigung besteht in der Erzeugung von Krankheiten (zum Beispiel Krebs) und in der Veränderung des Erbgutes. Zwar kann in Einzelfällen auch eine für das Einzelwesen günstige Erbgutveränderung die Folge sein, doch sind, insgesamt gesehen, die negativen Erbgutveränderungen weit in der Überzahl.

Jede künstliche, d. h. durch Zivilisation und Technologie verursachte Steigerung der auf den Menschen wirkenden Radioaktivität ist gefährlich. Es gibt keine ungefährliche Strahlendosis. Das Problem besteht aber darin, den schädigenden Einfluß kleiner Strahlendosen im Einzelfall nachzuweisen, da es sich um statistische Beweismethoden handelt.

Beispiel: Schon eine Erhöhung der „natürlichen“ Strahlendosis auf das Doppelte würde zu einer nachweisbaren Vermehrung der Leukämiefälle führen. Daß die Kernschmelze in Tschernobyl, für die genaue Strahlungswerte derzeit nicht bekannt sind, in rund zehn Jahren zu einer erheblichen zahlenmäßigen Zunahme von Blutkrebs führen wird, erscheint nahezu gewiß. Nur: Niemals wird man im jeweiligen Fall mit Sicherheit sagen können, daß der Kranke X mit Sicherheit „wegen“ Tschernobyl erkrankt ist und ohne den dortigen Unfall gesund geblieben wäre. Solche Rückschlüsse auf den Einzelfall sind bei statistischen Beweismethoden, die nur den Nachweis der gestiegenen Gesamtzahl führen, prinzipiell unmöglich.

## Die Problematik der Meßwerte

Bevor ich nun auf die gesundheitsschädlichen Wirkungen radioaktiver, ionisierender Strahlung im einzelnen zu sprechen komme, kurz auf die Problematik der Meßwerte, die in den Nachrichtensendungen nach der Katastrophe von Tschernobyl sicher Tausende von Menschen verwirrt haben.

Der Grund dafür liegt darin, daß es hier sozusagen zwei Reihen von Meßwerten gibt, die das Problem der Radioaktivität gleichsam unter verschiedenem Blickwinkel betrachten. Da ist erstens die Messung der Aktivität des Zerfallsprozesses. Man mißt die Häufigkeit der inneren Zerfallsprozesse einer radioaktiven Substanz. Den historischen Ausgangspunkt bildete auch hier das Radium. Man wählte die Aktivität von einem Gramm reinem Radium als Maßeinheit und nannte sie CURIE (Ci).

Ein Curie bedeutet  $3,7 \times 10^{10}$  Zerfälle pro Sekunde. An Stelle dieses Maßes ist heute allerdings das Maß Becquerel getreten. Ein Becquerel (Bq) bedeutet 1 Zerfall pro Sekunde (zur sinnvollen Anwendung ist natürlich der Bezug auf ein Raummaß nötig).

Mit anderen Meßwerten wird die Aufnahme von Strahlung in bestrahlter Materie bzw. die Wirkung auf bestrahltes Gewebe ausgedrückt.

Man mißt hier die aufgenommene

stehen Geschwüre im Mund und in den Gedärmen. Die Nahrungsaufnahme durch den Mund wird unmöglich, und die Wunden entzünden sich immer mehr. Durch dauernden Durchfall, begleitet von hohem Fieber, wird der Patient völlig entkräftet. Die Haare fallen in Büscheln aus. Delirien können folgen. Die Anzahl der roten Blutkörperchen geht zurück und die der weißen hat ihren größten Tiefpunkt erreicht. In diesem Stadium sterben die meisten Patienten unmittelbar oder erholen sich noch kurzfristig und sterben dann einige Wochen später. Wenn der Tod nicht einsetzt, folgt etwas Schlimmeres: Weiterleben, verbunden mit laufender Gewichtsabnahme, Verkrüppelung, maßlosen Schmerzen, Krebs und Leukämie. Verkürzung der Lebenserwartung, Beeinträchtigung der Geschlechtsorgane und Keimzellen, die, wenn überhaupt noch lebensfähig, nur Mißgeburten hervorbringen können.

Mit den letzten Sätzen sind bereits die langfristigen Folgen der Verstrahlung über das akute Bild der Strahlenkrankheit hinaus angesprochen.

Von der Verstrahlung bis zum Auftreten einer Leukämie vergehen rund zehn bis fünfzehn Jahre (Latenzzeit), bis zum Auftreten eines Tumors 20 bis 25 Jahre. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß dieser Anstieg der Häufigkeit von Krebserkrankungen auch bei scheinbar geringen Strahlendosen erfolgt: Schon für das Ansteigen der natürlichen Strahlenbelastung auf 200 Millirem jährlich wären 100 bis 200 zusätzliche Tumorerkrankungen und 20 Leukämiefälle mehr zu erwarten. Ähnliches gilt auch für die Veränderung des Erbgutes.

Friedliche und militärische Nutzung von Kernenergie sind schwer zu trennen — nicht alleine deshalb, weil in vielen Reaktoren wie zum Beispiel in Tschernobyl Plutonium für militärische Zwecke hergestellt wird.

Dennoch unterscheidet sich eine Katastrophe in einem Kernkraftwerk in Friedenszeiten deutlich von den Auswirkungen einer Atombombenexplosion.

Die Unterschiede beginnen damit, daß ein Kernreaktor nicht explodieren kann. Dies liegt daran, daß der Energiefluß geringer ist (um einen Faktor  $10^{12}$ ) und daß der Reaktorkern sehr viel mehr spaltbares Material enthält als eine Bombe (um einen Faktor der Größenordnung 100 mehr). Die Temperatur im Inneren eines außer Kontrolle geratenen Reaktors steigt — im Vergleich mit einer Atombombenexplosion — langsam an; die Brennelemente schmelzen, und der Reaktorkern löst sich als Block auf, bevor durch Kettenreaktion die zu einer Explosion erforderliche Energie entstehen könnte.

## Katastrophen durch „friedliche“ Nutzung von Kernenergie

Die Kernschmelze setzt weniger Radioaktivität frei als eine Bombenzündung, allerdings ist der Anteil langfristig strah-



speicherte Energie die Wissenschaftler faszinierte. Was geschähe, wenn man sie für die Menschheit nutzbar machen könnte? Wäre dies ein Segen für uns alle? Könnte die Kraft des Atoms uns Reichtum und Wohlstand für immer beschaffen? Von Anfang an gab es Wissenschaftler, die Bedenken äußerten. Auch Pierre Curie, der gemeinsam mit seiner Frau Marie (1859 bis 1906) und Henri Becquerel 1903 den Nobelpreis erhielt. Er sagte 1905 in einem Vortrag: „Wenn man bedenkt, daß das Radium in den Händen von Verbrechern sehr gefährlich werden könnte, drängt sich einem die Frage auf, ob es für die Menschheit von Vorteil ist, die Geheimnisse der Natur kennenzulernen, und ob sie reif dafür ist, sich ihrer zu bedienen, oder ob diese Erkenntnisse ihr nicht vielleicht eher zum Schaden gereichen.“

Aber die Gefahr der Radioaktivität zeigte sich auch in anderer Weise: Wilhelm Röntgen ist 77 Jahre, Marie Curie 66 Jahre alt geworden — und beide starben an Leukämie, einer Blutkrankheit also, von der wir heute wissen, daß sie durch radioaktive Strahlung ausgelöst werden kann.

Die Entwicklung der Atomenergie dient von vornherein vorrangig militärischen Zwecken. Die großen Reaktoren von Clinton und Hanford in den USA, die auf Fermis Versuchskonstruktion von 1942 folgten, waren zur Gewinnung von Material ausgelegt, das zum Bau von Atombomben benötigt wurde. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg versuchte man in verschiedenen Ländern den Bau von Kernkraftwerken zur Erzeugung von Elektrizität aus der Reaktorwärme. Das erste Kernkraftwerk, in dem Strom zu Kosten erzeugt wurde, die mit der Energiegewinnung aus Kohle konkurrieren konnte, war das Kraftwerk von Calderhall in England (1955).

Ende 1985 waren weltweit 374 Reaktoren in Betrieb (32 mehr als noch 12 Monate zuvor), die insgesamt ein Sechstel des weltweiten Energiebedarfs deckten. In der Bundesrepublik waren zum selben Zeitpunkt 19 Kernkraftwerke in Betrieb, die 36 Prozent des Energieverbrauchs abdeckten.



## Radioaktivität und ihre Auswirkungen

Radioaktivität bedeutet, daß sich ein Atomkern unter Abgabe von Energie und unter gleichzeitiger Änderung seiner Ladung und/oder Masse in einen anderen Atomkern verwandelt.

Das Atom besteht aus einem Kern, der aus positiv geladenen Teilchen, den Protonen, und elektrisch neutralen Teilchen, den Neutronen, aufgebaut ist. Um diesen Atomkern kreisen die negativ geladenen Elektronen.

Beim radioaktiven Zerfall von Elementen, deren Atomkerne instabil sind, entstehen Strahlen, die man auch unter dem Begriff „radioaktive Strahlen“ zusammenfaßt.

Im folgenden seien einige der wichtigsten Strahlenarten erläutert:

Gammastrahlen sind elektromagnetische Wellen, den Röntgenstrahlen verwandt, jedoch von kürzerer Wellenlänge

und zweien unter ihnen töten. Dies heißt aber keineswegs, daß nicht auch schon geringere Strahlungsdosen schädlich sind.

Entscheidend ist die Dosis, aber auch — wegen der unterschiedlichen Eindringtiefe — die Strahlungsart: Gammastrahlung durchdringt den menschlichen Körper völlig und kann deshalb überall im Körper Schaden anrichten; Alpha- und Betastrahlen können praktisch kaum die Haut durchdringen — aber sie hinterlassen dennoch Spuren, wenn sie durch die Atemluft oder durch Nahrung in den Körper gelangen oder aus Wunden in den Blutkreislauf aufgenommen werden.

## Strahlenarten

Außerdem wirken sich Alpha-, Beta- und Gammastrahlen insofern verschieden aus, als die räumliche Verteilung der von ihnen in Gang gesetzten Ionisationsprozesse unterschiedlich ist. Alpha- und Neutronenstrahlen ionisieren dichter, sind somit biologisch auch gefährlicher als Gammastrahlen, oder, anders ausgedrückt, es sind geringere Energiemengen notwendig, um den gleichen (schädlichen) biologischen Effekt zu erzielen.

Selbstverständlich war das Leben auf Erden schon einer Strahlenbelastung ausgesetzt, bevor der Mensch mit der Kernkraft zu experimentieren begann.

Die natürliche Strahlenbelastung entstammt zwei Quellen: Zuerst ist die Höhenstrahlung zu nennen. Ihr Ursprung ist der Weltraum und die Sonne; durch Wechselwirkung mit Bestandteilen der Erdatmosphäre entstehen aus der zunächst vor allem Protonen und Röntgenstrahlung umfassenden Höhenstrahlung zahlreiche Folgeprodukte, zum Beispiel Radionukleide (strahlende Atomkernvarianten) von Kohlen- und Wasserstoff.

Die andere Quelle natürlicher Strahlenbelastung ist die terrestrische (d. h. von der Erde stammende) Strahlung. Sie geht von natürlichen Radionukleiden in der Erdkruste aus, insbesondere von den Elementen 40 Kalium, 238 Uran und 232 Thorium. Die Radionukleide und ihre Folgeprodukte können sowohl über die Nahrungskette wie auch über die eingeatmete Luft in den Körper aufgenommen werden, wo sie dann zusätzlich eine Bestrahlung „von innen“ bewirken.

Die Gesamtdosis von Höhenstrahlung, terrestrischer Strahlung und „interner“ Bestrahlung durch ins Körperinnere aufgenommene Substanzen beläuft sich auf etwa ein Zehntel Röntgen pro Jahr.

Der Verweis auf diese natürliche Strahlung, mit der sich der menschliche Organismus wie alle lebendigen Wesen seit Jahrmillionen auseinandersetzen muß, wird oft in durchaus irreführender Weise so ausgeschlachtet, als ob es gleichsam auf eine geringfügige Dosis zusätzlich, auf eine scheinbar nur winzige Erhöhung der Gesamtstrahlungsmenge gar nicht ankomme. Dies ist, als wolle man einem Menschen, der in einer Stadt mit schlechter Qualität der Luft zurufen: „Rauche du nur weiter, es kommt gar nicht darauf an, deine Lungen sind ja ohnehin schon an den Schmutz gewöhnt! Dies ist natürlich Unsinn.“

In Wirklichkeit verhält es sich genau anders herum: Radioaktivität, ob natür-

lich (radiation absorbed dose). Eine Dosis von 1 RAD liegt vor, wenn ein Gramm Materie eine festgelegte Energiemenge (nämlich 100 Erg) absorbiert, also in sich aufgenommen hat.

Komplizierter wird es, wenn es sich bei der Strahlung absorbierenden Materie um lebendiges Gewebe handelt. Strahlungen verschiedener Art wirken sich auf den Organismus höchst unterschiedlich aus, was zum Beispiel von ihrer verschiedenartigen Fähigkeit zum Eindringen ins Gewebe abhängt. Deshalb multipliziert man die Strahlendosis in RAD mit dem relativen biologischen Wirkungsfaktor (RBW). Dieser Faktor ist für Alphastrahlung 10 und für Beta- und Gammastrahlung ungefähr 1. Was man dann erhält, nennt man Rem (Röntgen equivalent men).

Es ist deshalb auch üblich geworden, die auf den Menschen einwirkende Strahlendosis nicht mehr in dem auf Röntgen und Gammastrahlung bezogenen Maß RÖNTGEN (wie noch oben benutzt) auszudrücken, sondern eben in REM, was aber wegen des Umrechnungsfaktors von 1 bei z. B. der Höhenstrahlung keine anderen Zahlenwerte ergibt. Die auf den Menschen einwirkende „natürliche“ Strahlenbelastung beträgt, um dies noch einmal zu betonen, in Meereshöhe rund 100 Milli-Rem pro Jahr, also ein Zehntel rem. Nach Empfehlung der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP) soll die Strahlenbelastung aus künstlichen Quellen nicht über 5 rem in 30 Jahren liegen. In der Bundesrepublik darf nach § 45 der Strahlenschutzverordnung die Ganzkörperdosis 150 Milli-rem = mrem = 0,15 rem pro Jahr nicht überschreiten. Die Strahlenbelastung einer Lungen-Röntgenaufnahme liegt bei 10 mrem oder 0,01 rem.

Schon bei Belastungen mit etwa 25 rem zeigen sich im lymphatischen Gewebe deutliche, wenn auch rasch ausheilende Schäden. Ab etwa 50 rem beginnt eine Schädigung des Knochenmarks, die bis zur völligen Vernarbung führen kann. Klinisch bedeutet dies eine Schwächung der Abwehrkräfte, während das Immunsystem aussetzt, zu wenig weiße Blutkörperchen produziert werden, und die Blutgerinnung wegen des Mangels an Blutplättchen (Thrombozyten) gestört ist. Bei höheren Strahlendosen kommt es zur akuten Schleimhautschädigung im Magen-Darm-Trakt, im schlimmsten Falle zum Total-Ulcus, das sich über das gesamte Verdauungssystem erstreckt. Sehr hohe Strahlendosen führen zum durch das Zentralnervensystem ausgelösten Tod.

Eine Strahlendosis von 600 rem tötet jeden Menschen, eine Dosis von 300 rem würde bei 94 Prozent der Verstrahlten eine schwere Strahlenkrankheit (mit Hautblutungen und schweren Durchfällen) hervorrufen, wobei stets zu berücksichtigen ist, daß die Wirkung der Strahlung auf einen schon anderweitig — zum Beispiel durch Knochenbrüche oder Brandwunden oder durch beides zugleich — verletzten Menschen besonders gefährlich ist.

Den typischen Verlauf der Strahlenkrankheit hat der britische Forschungsrat in einer Stellungnahme folgendermaßen zusammengefaßt.

„Von der 3. Woche an entstehen kleine, zu Blutungen neigende Rißwunden auf der Haut und im Mund. Gleichzeitig ent-

lender Substanzen beim Reaktorunfall im Vergleich zur Bombe höher.

Da die Wärmefreisetzung beim Reaktorunfall kleiner ist als bei der Bombenexplosion, steigt die radioaktive Wolke nicht in großer Höhe auf. Der radioaktive Niederschlag fällt rascher auf die Erde zurück. Beim Reaktorunfall wird eine kleinere Fläche verseucht, aber für eine längere Zeit.

Nimmt man einen Dosiswert von 2 Rem pro Jahr zum Vergleichsmaßstab, so wäre im Fall einer Katastrophe in einem 1000-Megawatt-Kraftwerk (von dem die Autoren dieses Szenarios angenommen haben, daß jährlich ein Drittel des nuklearen Brennstoffes erneuert wird), bei der ein Drittel aller radioaktiven Atomkerne ins Freie gelangt, ein Gebiet von 4700 Quadratkilometern für einen Monat lang dergestalt verseucht.

In diesem außer Kontrolle geratenen Reaktor von Tschernobyl kam es zur Kernschmelze. Mit der Rauchsäule des entstandenen Feuers wurde radioaktives Material in die Höhe getragen und dann gemäß den Windverhältnissen über Europa verteilt. Der radioaktive Fall-out, dessen Zusammensetzung derzeit nicht exakt bekannt ist, dürfte rund 200 strahlende Isotope umfassen. Hervorzuheben sind Jod 131, Caesium 137, Strontium 90 und Plutonium 239.

Ein Teil dieses radioaktiven Fall-out hat sich auch in der Bundesrepublik Deutschland abgelagert. Damit ging die Strahlenbelastung in der Luft natürlich zurück (was nicht unbedingt eine Verbesserung der Situation bedeutet — und ganz gewiß nicht für Menschen, die radioaktive Strahlung mittlerweile in sich aufgenommen, „inkorporiert“ haben).

In dem radioaktiven Niederschlag befinden sich Isotope mit sehr unterschiedlicher Halbwertszeit — diese beträgt für Jod 131 8 Tage, für Caesium 137 und Strontium 90 dreißig Jahre, für Plutonium 239 gar 24 000 Jahre. Mit raschem Rückgang der Strahlung ist also nicht unbedingt zu rechnen. Teile des Fall-outs sind in den Boden eingewaschen, wo sie natürlich je nach Halbwertszeit unterschiedlich lang weiterstrahlen.

Hier verschleierte allerdings die Praxis der Verwaltung, nur die Zerfallswerte für Jod 131 bekanntzugeben, den wahren Sachverhalt.

Was die Grenzwerte für Nahrung mit erhöhten Strahlungswerten betraf, gab es keine einheitlichen Auskünfte der Behörden. Genau hier liegt jedoch ein wichtiges Problem verborgen. Denn die größte Gefahr entsteht ja durch jene radioaktiven Substanzen, die auf dem Wege der Atmung oder durch Nahrungsaufnahme in den Körper gelangen, sich in den Organen und in den Knochen ansammeln und dort weiterstrahlen.

Eine sichere und ungefährliche Methode, sie aus dem Körper zu entfernen, gibt es nicht. Wichtig ist es, zu berücksichtigen, daß die Ansammlung („Akkumulation“) strahlenden Materials durch die Nahrungskette verstärkt.

So funktioniert eine Kuh als „Radioaktivitätskonzentratoren“. Wenn sie auf einer radioaktiv verseuchten Wiese weidet, konzentriert sie in einem Liter Milch eine Menge radioaktiven Jods, die zuvor in 5000 Kubikmetern Luft enthalten war. Reichert sich Plutonium mit seiner viel längeren Halbwertszeit in dieser Weise an, sind die Folgen fatal.